

## KONSERVASI AIR TANAH MENGGUNAKAN METODA SISTEM DINAMIK

(Studi Kasus: Kota Makassar, Provinsi Sulawesi Selatan)

Anggun<sup>1)</sup>, Dr. Eng. Amiruddin, M.Si<sup>2)</sup>, Dr. H. Samsu Arif, M.Si<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>Mahasiswa Program Studi Geofisika FMIPA Universitas Hasanuddin

<sup>2)</sup>Dosen Program Studi Geofisika FMIPA Universitas Hasanuddin

### SARI BACAAN

Ada tiga tujuan dari penelitian ini. Pertama, membangun model pemanfaatan dan konservasi air tanah di daerah penelitian. Kedua, Mengetahui perilaku model pada beberapa upaya pemanfaatan dan konservasi air tanah. Ketiga, merumuskan kebijakan alternatif pada model pemanfaatan dan konservasi sumber daya air tanah berdasarkan karakteristik wilayah. Untuk melakukan simulasi pemodelan digunakan Program *Powersim Studio 10*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa model dinamik dengan menggunakan Program *Powersim Studio 10* dapat digunakan untuk melakukan simulasi model hidrologi, khususnya model konservasi air tanah. Berdasarkan hasil simulasi model, diketahui bahwa dengan mengurangi laju konversi lahan menjadi permukiman, dapat mempertahankan pengurangan imbuh air tanah dan mengurangi laju pengurangan jumlah air tanah tersimpan. Selain dengan mengurangi konversi lahan, kebijakan yang dapat dilakukan dalam konservasi air tanah adalah dengan gerakan hemat air dan meningkatkan kapasitas produksi PDAM.

Kata Kunci: Model Dinamik, Konservasi Air Tanah

### ABSTRACT

*There are three objectives of this research. First, to build the model of groundwater utilization and groundwater conservation in the research area. Second, to identify the behaviour of model in various utilization and groundwater conservations. Third, to formulate the policy of groundwater resources management that suitable with the region characteristic. Powersim Studio 10 programme is used as model simulation. As a result, it is known that dynamic model with Powersim Studio 10 programme can be used to do hydrologic simulation models, especially in groundwater conservation models. Base on model behavior simulation, it is known that decreasing of land conversion to settlement can be preserved decreasing of groundwater recharge and decreasing of groundwater. Besides decreasing of land conversion, the policy that can be done to conservation groundwater is by decreasing water consumption and increasing the capacity of PDAM production.*

*Keywords : Dynamic Models, Groundwater Conservation*

## 1. PENDAHULUAN

Kondisi air tanah dalam segala aspek kehidupan manusia mempunyai peranan penting dalam menyediakan kebutuhan air bagi berbagai keperluan. Mengingat peranan Air Tanah yang semakin vital dan strategis, maka pemanfaatan air tanah harus juga memperhatikan keseimbangan dan pelestarian sumberdaya itu sendiri, atau dengan kata lain pemanfaatan air tanah harus berwawasan lingkungan. (Hendrayana, 2011).

Menurut Badan Lingkungan Hidup Daerah (BLHD) Kota Makassar menyebutkan bahwa terjadi penurunan muka air tanah sebanyak 0-3,25 m/tahun di salah satu kecamatan di Kota Makassar akibat penggunaan air tanah yang tidak terkontrol. Fenomena umum menunjukkan bahwa PDAM belum secara optimal mampu melayani kebutuhan air bersih, terutama untuk kepentingan industri, dan perhotelan, sehingga pemanfaatan air bawah tanah menjadi pilihan alternatif.

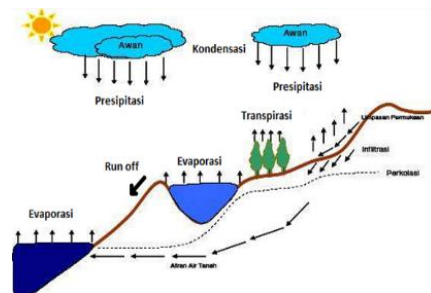
Untuk mengurangi dampak penggunaan air tanah di Kota Makassar kedepannya, maka dipandang perlu membuat model Sistem Dinamik air tanah sebagai satu kerangka acuan yang dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan dalam pengelolaan air tanah untuk pembangunan yang berkelanjutan dan mengatasi permasalahan yang berkaitan dengan air tanah.

Berdasarkan latar belakang tersebut diatas, maka tujuan dari penelitian ini yaitu:

1. Membuat model dinamik pemanfaatan dan konservasi air tanah di Kota Makassar.
2. Mengetahui perilaku model pada beberapa upaya pemanfaatan dan konservasi air tanah.
3. Merumuskan kebijakan alternatif pada model pemanfaatan dan konservasi sumber daya air tanah di Kota Makassar

### 1.1 Air Tanah

Air tanah ialah air yang melekat pada butir-butir tanah, air yang terletak diantara butir-butir tanah, dan air yang tergenang di atas lapisan tanah yang terdiri dari batu, tanah lempung yang amat halus atau padat yang sukar ditembus air. Air tanah berasal dari beberapa sumber, tapi umumnya dari air hujan.



Gambar 1 Siklus hidrologi (Suripin, 2001).

Air tanah terbagi menjadi tiga yaitu:

1. Air tanah dangkal terdapat pada kedalaman 15-30 meter
2. Air tanah dalam berada pada kedalaman 100-300 meter
3. Mata air adalah air tanah yang keluar dengan sendirinya ke permukaan tanah.

### 1.2 Perhitungan Kebutuhan Air

standar yang digunakan dalam penyusunan rencana tata ruang mengenai kebutuhan sarana prasarana

termasuk kebutuhan akan air bersih adalah standar yang ditetapkan oleh Departemen Pekerjaan Umum. Adapun standar kebutuhan air bersih yang telah ditetapkan oleh PU berdasarkan lokasi wilayah ditunjukkan pada Tabel 1.1.

Kategori	Ukuran Kota	Konsumsi Air (Liter/orang/hari)
I	Kota metropolitan	150
II	Kota besar	130
III	Kota sedang	110
IV	Kota kecil	90
V	Pedesaan	60

Sumber: Slamet, 1994

### 1.3 Sistem Dinamik

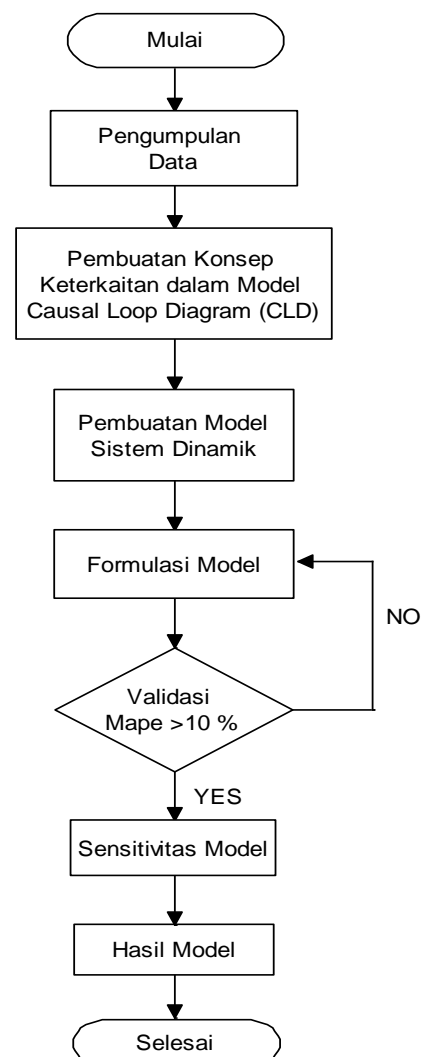
Sistem dinamik adalah suatu bidang untuk memahami bagaimana sesuatu berubah menurut waktu. Sistem ini dibentuk oleh persamaan-persamaan differensial. Persamaan diferensial digunakan untuk masalah-masalah biofisik yang diformulasikan sebagai keadaan di masa datang yang tergantung dari keadaan sekarang (Richardson, 1986).

Focus utama dari metodologi sistem dinamik adalah pemahaman atas sistem, langkah pemecahan masalah dengan metodologi sistem dinamik, yaitu :

- Pemahaman sistem
- Definisi persoalan
- Konseptualisasi sistem
- Formulasi model
- Simulasi dan validasi model
- Analisis kebijakan
- Implementasi kebijakan

## 2. METODOLOGI PENELITIAN

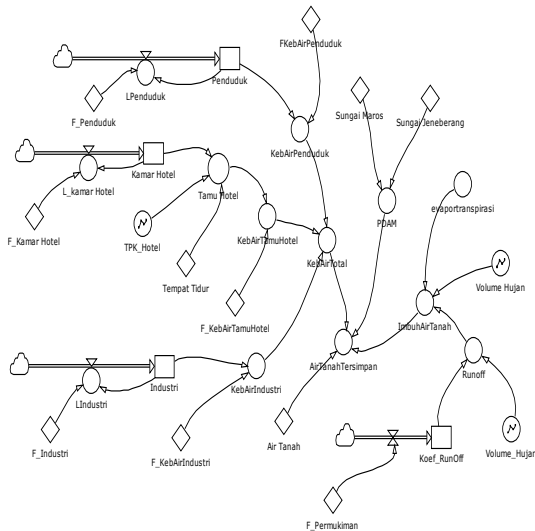
Wilayah penelitian adalah Kota Makassar. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data jumlah penduduk, kamar hotel, industri, curah hujan, evapotranspirasi, Koefisien *Run Off*, luas wilayah, produksi PDAM, luas permukiman dan potensi air tanah. Pembuatan model dilakukan dengan menggunakan *Powersim Studio 10*.



Gambar 2.1. Diagram alir penelitian

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Perilaku Model Kebutuhan air dan Ketersediaan Air Tanah



Gambar 3.1. Model kebutuhan air dan ketersediaan air tanah sebagai dasar untuk konservasi air tanah di Kota Makassar

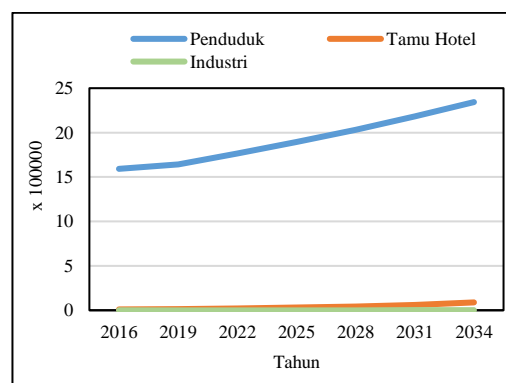
Berdasarkan data yang diperoleh, diketahui bahwa potensi air tanah di Kota Makassar sebesar 31.983.482,76 m<sup>3</sup>/tahun. Kebutuhan air untuk keperluan domestic sebesar 150 l/orang/hari, kebutuhan air industri sebesar 202.5 m<sup>3</sup>/unit dan kebutuhan air tamu hotel sama dengan kebutuhan air domestik.

Sumber utama imbuhan air tanah adalah dari curah hujan. Besarnya curah hujan di Kota Makassar adalah 2.094 mm/tahun, dengan luas wilayah Kota Makassar adalah 175,77 km<sup>2</sup>, sehingga potensi air hujan di Kota Makassar adalah 368.062.380 m<sup>3</sup>/tahun. Dalam pemodelan ini, berdasarkan data yang diperoleh bahwa besarnya evapotranspirasi di Kota Makassar yaitu 1.267,5 m<sup>3</sup>/tahun, sedangkan nilai koefisien *run off* sebesar 60%. Berdasarkan data yang diperoleh bahwa tingkat pertumbuhan

permukiman di Kota Makassar adalah 1,1 % per tahun.

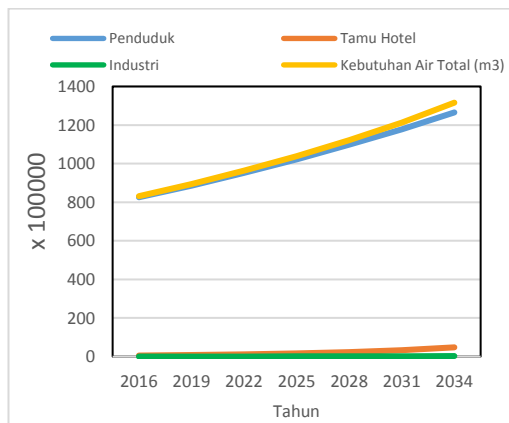
PDAM secara tidak langsung juga berperan dalam konservasi air tanah di Kota Makassar. Dengan adanya suplai air dari PDAM, berarti eksploitasi air tanah oleh penduduk ataupun industri dan perhotelan bisa berkurang. Berdasarkan proyeksi eksponensial, diketahui jumlah produksi PDAM di Kota Makassar pada Tahun 2016 adalah sebesar 82.157.474 m<sup>3</sup>/tahun, dengan tingkat pertumbuhan produksi sebesar 1,2%.

Menurut Cook (dalam Meijerink, 1970), nilai koefisien *runoff* sangat tergantung oleh variabel-variabel yang mempengaruhinya, yaitu kemiringan lereng, infiltrasi tanah, vegetasi penutup dan timbunan air di permukaan. Salah satu parameter yang sangat dinamis dalam mempengaruhi nilai koefisien *runoff* adalah berkurangnya lahan pertanian menjadi peruntukan lain (non pertanian), karena akan sangat berpengaruh terhadap infiltrasi air ke dalam tanah dan hilangnya vegetasi penutup. Berdasarkan data yang diperoleh bahwa tingkat pertumbuhan permukiman di Kota Makassar sebesar 1.1% per tahun



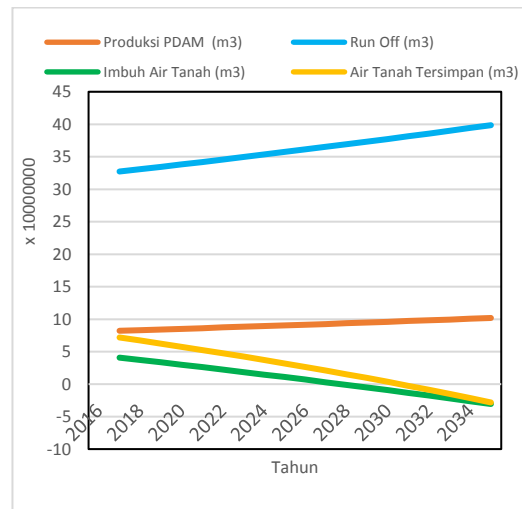
Gambar 3.1. Grafik perkembangan jumlah penduduk, tamu hotel dan industri Kota Makassar tahun 2016 – 2034

Pada gambar 3.1 terlihat bahwa pada tahun 2034, penduduk di Kota Makassar mencapai 2.343.418 jiwa. Pertumbuhan tamu hotel relative tetap, demikian pula jumlah industri. Memperhatikan fakta ini, peningkatan kebutuhan air hamper seluruhnya disebabkan oleh meningkatnya jumlah penduduk. Pada tahun 2034 akan terjadi kenaikan kebutuhan air dari 83.130.686 m<sup>3</sup>/tahun menjadi 131.595.683 m<sup>3</sup>/tahun.



Gambar 3.2. perkembangan kebutuhan air Kota Makassar tahun 2016 – 2034

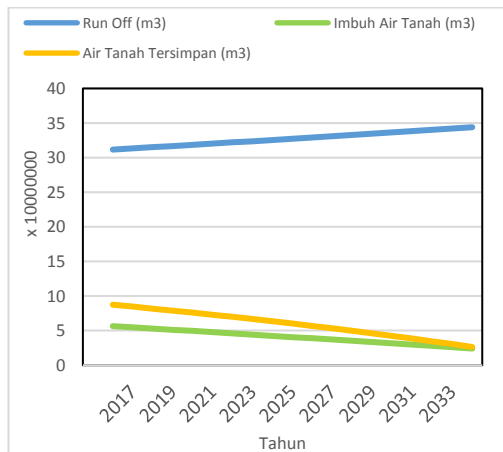
Disisi lain, dengan peningkatan jumlah penduduk terjadi perluasan permukiman. Akibat dari konversi lahan menjadi permukiman, akan terjadi perubahan koefisien *runoff* dan pada akhirnya menyebabkan peningkatan koefisien *runoff*. Hujan yang meresap ke dalam tanah akan berkurang karena sebagian akan menjadi *runoff*. Akibatnya imbuh air tanah berkurang. Jika pada tahun 2016 imbuh air tanah diperkirakan sebesar 40,774,150 m<sup>3</sup>/tahun, dan pada tahun 2034 akan mengalami defisit. Akibatnya air tanah tersimpan akan mengalami penurunan.



Gambar 3.3. Peningkatan jumlah *run off*, produksi PDAM, penurunan imbuh air tanah dan air tanah tersimpan

### 3.2 Kebijakan Konservasi air tanah dengan cara meningkatkan imbuhan air tanah

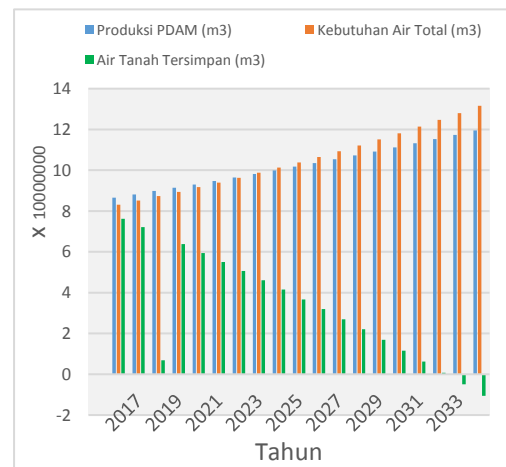
Salah satu cara untuk mempertahankan imbuh air tanah adalah mengurangi bagian hujan yang menjadi *runoff*. Cara untuk mengurangi *runoff* adalah menurunkan kecepatan konversi lahan menjadi daerah permukiman, karena perluasan permukiman akan meningkatkan nilai koefisien *runoff*. Untuk itu, dalam simulasi laju konversi lahan menjadi permukiman diturunkan 25%. Hasilnya, terjadi pelambatan laju pengurangan imbuh air tanah yaitu dari 56.454.274 m<sup>3</sup>/tahun pada tahun 2016 dan di tahun 2034 menjadi 24.119.812 m<sup>3</sup>/tahun. Dari hasil tersebut terlihat bahwa pengurangan laju konversi lahan menjadi permukiman berpengaruh terhadap imbuhan air tanah.



Gambar 3.4. *Runoff*, Imbuh air tanah dan air tanah tersimpan berdasarkan hasil simulasi melalui pengurangan jumlah laju konversi lahan permukiman sebesar 50%

### 3.3 Kebijakan Konservasi air tanah dengan cara meningkatkan kapasitas produksi PDAM

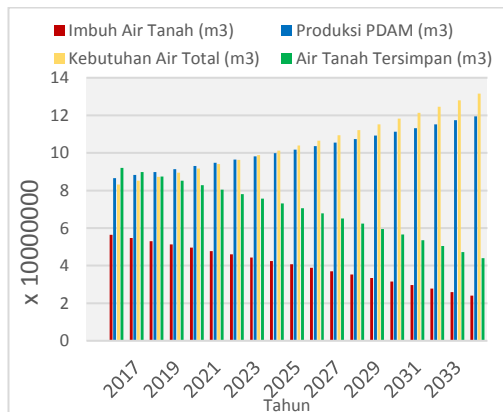
Asumsi dari konservasi ini adalah bahwa jika sebagian besar penduduk, sektor perhotelan ataupun industri menggunakan air dari PDAM, eksploitasi air tanah akan berkurang. Untuk itu dalam simulasi ini diasumsikan fraksi produksi PDAM meningkat 50% yaitu dari 1.2 %/tahun menjadi 1.8 % tahun. Hasil simulasi menunjukkan bahwa peningkatan dua kali lipat produksi air PDAM bisa menambah ketersediaan air tanah, dimana pada tahun 2016 air tanah tersimpan yaitu 76.273.734 m<sup>3</sup>/tahun.



Gambar 3.5. Air tanah tersimpan berdasarkan hasil simulasi melalui penambahan produksi PDAM sebesar 50%

### 3.4 Kebijakan Konservasi air tanah dengan mengurangi pemakaian air, meningkatkan imbuan air tanah dan menambah pasokan PDAM

Dalam konservasi ini, laju perluasan permukiman diturunkan nilainya sebesar 50%, sedangkan produksi air dari PDAM ditingkatkan 50%. Hasil simulasi menunjukkan bahwa terjadi perubahan air tanah tersimpan yang sangat signifikan. pada tahun 2016 air tanah tersimpan sebesar 9.195.3858 m<sup>3</sup>/tahun, sedangkan pada tahun 2034 tidak mengalami defisit air. Disisi lain penurunan laju imbuan air tanah juga semakin berkurang, yaitu dari 56.454.274 m<sup>3</sup>/tahun di tahun 2016 menjadi 24.119.812 m<sup>3</sup>/tahun di tahun 2034.



## 4. PENUTUP

### 4.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisis data yang diperoleh dari hasil simulasi, maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Penelitian ini berhasil membuat sebuah model konservasi air tanah dari berbagai parameter yaitu: Jumlah penduduk, Jumlah tamu hotel, Jumlah industri, Produksi PDAM, *Run off*, Laju luas permukiman, Imbuan air tanah, volume hujan, evapotranspirasi.
2. Berdasarkan hasil simulasi perilaku model, diketahui bahwa dengan meningkatkan produksi PDAM air tanah tersimpan akan tetap dalam kondisi stabil. Selain itu mengurangi laju konversi lahan menjadi permukiman juga dapat mempertahankan pengurangan imbuh air tanah dan mengurangi laju penurunan jumlah air tanah yang tersimpan
3. Ada beberapa kebijakan yang dapat dilakukan dalam model konservasi air tanah, antara lain melalui pembatasan laju konversi lahan menjadi permukiman serta meningkatkan kapasitas produksi PDAM. Namun kebijakan

konservasi air tanah yang paling signifikan adalah pembatasan laju konversi lahan menjadi permukiman

### 4.2 Saran

1. Penghijauan dan pembuatan sumur resapan perlu segera dilakukan untuk lebih mengintensifkan peresapan air hujan sebagai air tanah
2. PDAM perlu segera memperluas jaringan pipa air minum
3. Data yang digunakan masih sedikit. Perlu data yang banyak sehingga hasil simulasi lebih baik dan akurat.

## 5. Referensi

- Hendrayana, H. 2011. *Pengantar Kerentanan Air Tanah*. [https://www.researchgate.net/publication/280035428\\_Pengantar\\_Kerentanan\\_Airtanah\\_Lecture\\_Note\\_Heru\\_Hendrayana\\_2011](https://www.researchgate.net/publication/280035428_Pengantar_Kerentanan_Airtanah_Lecture_Note_Heru_Hendrayana_2011), 5 Oktober 2016.
- Slamet, J. S. 1994. *Kesehatan Lingkungan*. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta
- Suripin. 2001. *Pelestarian Sumber Daya Tanah dan Air*. Penerbit Andi, Yogyakarta.
- Richardson, G.P. and Pugh. A.L. 1986. *Introduction to Sistem Dynamics Modelling with Dynamo*. The MIT Press, Cambridge, Massachusete, and London, England.